

> On peut aussi jouer sur la taille du réacteur. Plus celui-ci est petit, plus les neutrons quitteront la zone active avant d'avoir provoqué une nouvelle fission. C'est l'un des rares aspects défavorables à la miniaturisation !

Enfin, on peut aussi ralentir les neutrons rapides émis par les fissions, ce qui a pour effet d'augmenter leur probabilité d'être réabsorbés. D'où l'utilisation d'un modérateur, c'est-à-dire d'un élément qui ralentit les neutrons sans les absorber. C'est le cas de l'hydrogène de l'eau.

Afin de contrôler activement le taux de réactions dans un réacteur, on utilise en sus des barres absorbantes (de neutrons) que l'on peut plonger plus ou moins dans le cœur du réacteur, là où le matériau fissile est placé. Ces « barres de contrôle » sont en général verticales, de façon qu'elles tombent naturellement sous l'effet de leur poids en cas d'urgence : elles interrompent alors totalement la réaction en chaîne. En les soulevant, on augmente le nombre de fissions, donc la température au sein du réacteur. La chaleur est alors évacuée grâce à un fluide caloporteur et le reste ressemble peu ou prou à des centrales thermiques classiques.

PUISSANCE RÉDUITE, TAILLE RÉDUITE

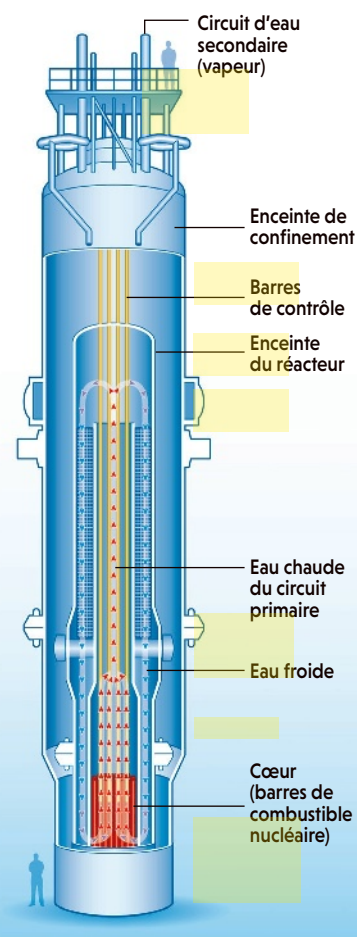
On remarquera que, dans tout ce qui précède, la taille du réacteur n'est pas déterminante dans le fonctionnement. Cependant, comme on a développé les centrales nucléaires afin de produire massivement de l'énergie, leurs réacteurs avaient les tailles requises pour des puissances de l'ordre du gigawatt. Ce gigantisme n'est pas nécessaire si la puissance visée est plus modeste. Ainsi, les réacteurs nucléaires K15 utilisés dans les sous-marins de classe *Le Triomphant* ou le porte-avions *Charles de Gaulle* n'occupent que quelques dizaines de mètres cubes, pour une puissance thermique de 150 mégawatts.

Ce type de réalisations a suscité ces dernières années le développement de projets de petits réacteurs d'une puissance thermique avoisinant la centaine de mégawatts. L'une des principales motivations est que ces réacteurs sont transportables et modulaires.

Celui que conçoit la compagnie américaine NuScale aura ainsi une charge en combustible nucléaire 20 fois plus faible qu'un réacteur nucléaire classique, pour une puissance thermique atteignant 200 mégawatts (ce qui donne environ 60 mégawatts électriques) avec deux ans d'autonomie. Il tient dans un cylindre de

UN RÉACTEUR NUCLÉAIRE COMPACT

La société américaine NuScale développe un réacteur nucléaire qui tient dans un cylindre haut de quelque 23 mètres et de moins de 3 mètres de diamètre. Il produira 60 mégawatts d'électricité, à peu près 15 fois moins qu'un réacteur nucléaire classique. La chaleur dégagée par les réactions de fission du matériau nucléaire (barres de combustible, en bas) chauffe l'eau d'un circuit fermé. L'eau chaude, moins dense, monte et cède sa chaleur à un second circuit (en haut) qui va produire de la vapeur et faire tourner une turbine (non représentée) ; refroidie, l'eau redescend, se réchauffe en bas, et ainsi de suite. Des barres de contrôle, qui absorbent les neutrons, sont insérées plus ou moins profondément parmi les barres de combustible pour réguler le taux de réactions de fission.



23 mètres de haut et de 2,8 mètres de diamètre qui englobe le cœur, le circuit caloporteur et le générateur de vapeur (voir l'encadré ci-dessus).

La compacité du dispositif réduit considérablement les longueurs de tuyauterie nécessaires et permet d'avoir des dispositifs de sécurité entièrement passifs. Par exemple, la circulation de l'eau du circuit primaire ne nécessite aucune pompe et s'effectue naturellement par effet de thermosiphon (dû à la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide). Il n'y a donc pas besoin d'un générateur diesel de secours en cas d'incident pour faire fonctionner les pompes. D'un poids de 700 tonnes, le réacteur de NuScale peut être transporté en trois segments par camion ou barge. Cette approche permet d'industrialiser toutes les étapes de fabrication, chargement ou déchargement et démantèlement. Les étapes sensibles sont ainsi réalisées dans une usine dédiée et non plus là où l'électricité est produite.

Cette approche règle ainsi un certain nombre de problèmes inhérents à la fabrication, au fonctionnement et au démantèlement des centrales nucléaires classiques. C'est toutefois au prix d'autres inconvénients, notamment les risques de dissémination si les sites d'implantation de ces réacteurs se multiplient trop. ■

BIBLIOGRAPHIE

Multi-mission radioisotope thermoelectric generator (MMRTG), document de la Nasa, 2020 : <https://go.nasa.gov/3jj99RB>

J. Doyle et al., **Highly reliable nuclear power for mission-critical applications**, *Proceedings of ICAPP 2016*, San Francisco, 2016.

Les monographies du nucléaire, documents du CEA : <https://bit.ly/2Sc7xNJ>